

PCT/JP 2004/017130

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

11.11.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 1 月 1 4 日
Date of Application:

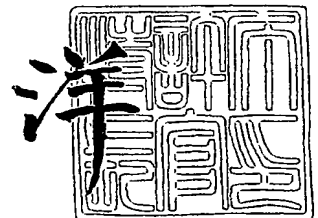
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 8 4 8 9 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 8 4 8 9 4]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 2 0 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 4 - 3 1 1 5 2 2 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 2022550215
【提出日】 平成15年11月14日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01Q 3/24
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 古賀 正一
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 近藤 潤二
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097445
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩橋 文雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100103355
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 坂口 智康
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109667
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内藤 浩樹
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011305
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

空間多重用のマルチビームアンテナを有する一つの基地局と複数の子局とを備え、前記基地局と前記子局との間でそれぞれ空間多重無線伝送が行われる通信システムであって、前記基地局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子と通信対象となるいくつかの前記子局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子との間に生じる電波伝搬特性の伝達関数値に基づいて、前記基地局のマルチビームアンテナが形成する複数の指向性パターンを直交化することを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】

前記基地局のマルチビームアンテナは、どの一つの前記子局のマルチビームアンテナよりもアンテナ素子数が多いことを特徴とする請求項 1 記載の無線通信システム。

【請求項 3】

前記複数の子局のそれぞれから、前記基地局に対して、伝搬特性推定用のパイロット信号が送信され、前記基地局においてそれぞれの伝達関数値が算出されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の無線通信システム。

【請求項 4】

前記基地局において、指向性パターンの直交化には、前記伝達関数値のそれぞれを行列要素としたチャネル行列 H に対して、固有値計算により求められた固有ベクトルを用いたマルチビームアンテナのウェイト制御が行われることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の無線通信システム。

【請求項 5】

前記基地局において、指向性パターンの直交化には、前記伝達関数値のそれぞれを行列要素としたチャネル行列 H に対して、ゼロ・フォーシング手法を用いたマルチビームアンテナのウェイト制御が行われることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の無線通信システム。

【請求項 6】

前記基地局において、複数の前記子局が単位時間内に空間的に移動する程度（以下、移動度）をパラメータとして、指向性パターン形成の優先順位を決定することを特徴とする請求項 1～5 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 7】

許容される伝送遅延時間が所定の値より小さい場合には、移動度の低い子局の方が、優先順位が高くなることを特徴とする請求項 6 記載の無線通信システム。

【請求項 8】

移動度に関してあらかじめ固定的に付与された識別子を子局がもつことを特徴とする請求項 6 または 7 記載の無線通信システム。

【請求項 9】

空間多重用のマルチビームアンテナを有する一つの基地局と複数の子局とを備え、前記基地局と前記子局との間でそれぞれ空間多重無線伝送が行われる通信システムに用いる基地局であって、

前記基地局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子と通信対象となるいくつかの前記子局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子との間に生じる電波伝搬特性の伝達関数値に基づいて、前記基地局のマルチビームアンテナが形成する複数の指向性パターンを直交化することを特徴とする基地局。

【請求項 10】

前記複数の子局のそれぞれから送信される伝搬特性推定用のパイロット信号を受信し、それぞれの伝達関数値を算出することを特徴とする請求項 9 記載の基地局。

【請求項 11】

少なくとも一つの前記子局に対する干渉量を推定し、推定した全ての前記子局に対して規定レベル以上の干渉を及ぼす指向性パターンの形成を行わないことを特徴とする請求項 9 または 10 記載の基地局。

【請求項 12】

空間多重用のマルチビームアンテナを有する一つの基地局と複数の子局とを備え、前記基地局と前記子局との間でそれぞれ空間多重無線伝送が行われる通信システムに用いる子局であって、前記基地局に対して、伝搬特性推定用のパイロット信号を送信することを特徴とする子局。

【請求項 13】

空間多重用のマルチビームアンテナを有する一つの基地局と複数の子局とを備え、前記基地局と前記子局との間でそれぞれ空間多重無線伝送が行われる通信システムに用いる子局であって、

前記基地局において指向性パターンの直交化が行われた後に、ゼロ・フォーシング手法または最尤推定手法を用いた干渉波除去が行われることを特徴とする子局。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 空間多重無線通信システム

【技術分野】

【0001】

本発明はマルチビームアンテナを用いてポイントトゥマルチポイントの空間多重無線通信を行う、無線通信システム、基地局および子局に関するものである。

【背景技術】

【0002】

複数の異なる情報を合成して無線伝送する多重化技術として、従来から、周波数分割多重(FDM)、時分割多重(TDM)、符号分割多重(CDM)が、一般的に知られている。これらの多重化技術では、情報の多重度の増加に従って、必要となる無線周波数帯域幅が増加するため、帯域幅に制限のある用途では、周波数不足が深刻となった。

【0003】

これに対して、送信側と受信側の端末各々で複数のアンテナを備え、同一周波数を用いて無線周波数帯域幅を増やすことなく多重化する技術として、空間多重(SDM)が知られている。MIMO(Multiple Input Multiple Output)はその中の代表的な通信技術である。これは、(特許文献1)にもあるように、送信側と受信側の端末間に形成される複数の伝搬経路(以下、マルチパス)ごとに、異なる情報を乗せて、SDM通信を行う通信技術である。複数の指向性アンテナをそれぞれヌル・ステアリングさせ、伝搬経路ごとに無線信号の空間的分離を行ってポイントトゥポイントの多重通信を実現する。ヌル・ステアリングとは、希望波到来方向には指向性パターンのメインビームを合わせ、非希望波到来方向には指向性パターンのヌル点を合わせることである。一例として、図17に、(a)2素子アレイアンテナ、(b)6素子アレイアンテナの場合でのヌル・ステアリングの様子を示す。ヌル・ステアリングを、複数のマルチパスのそれぞれに操作することで、指向性パターンの直交化が実現できる。

【0004】

指向性アンテナとしてマルチビームアンテナを用い、送信と受信の各アンテナ素子間に生ずる電波伝搬特性の伝達関数値を行列要素とするチャネル行列Hに対して、行列演算処理を施して指向性制御を行うMIMO通信技術がある。(非特許文献1)においてBell LabのFoschiniにより提案されたBLAST(Bell Labs Layered Space-Time)方式は、受信側でのチャネル行列に対する一般逆行列計算を、ノルムの小さなウエイトベクトルから順番に逐次的に行う方式であり、その繰り返しの作用により、空間多重通信の効果に加えて空間ダイバーシチの効果を得ることができる。また、(特許文献2)に記載の固有モード方式では、送信側と受信側とで、チャネル行列の固有値計算により求まる固有ベクトルでマルチビームアンテナをウエイト制御する方式であり、注水定理に基づく送信電力制御を組み合わせることにより、空間多重通信の効果に加えて高い電力利用効率を得ることができる。

【特許文献1】特開平10-178367号公報

【特許文献2】特開2001-237751号公報

【非特許文献1】G. J. Foschini著, Bell Labs Technical Journal, Vol. 1, No. 2, Autumn 1996, pp 41-59

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上述した従来のMIMO通信技術は、ポイントトゥポイントの多重通信を実現するものであった。しかしながら、送信側と受信側のアンテナ間に形成される伝搬経路の数が少ない場合には、各々のアンテナの素子数を増やしても、多重度は、伝搬経路の数に制限された。本発明はかかる事情に鑑みて、その第一の目的は、基地局と複数の子局との間でポイントトゥマルチポイントの空間多重無線通信を行うことによって、マルチパスの数が少ない環境条件下でも、周波数利用効率の高い無線通信システムを提供すること

ある。

【0006】

また、第二の目的は、第一の目的を実際に実現するために基地局におけるマルチビームアンテナが形成する指向性パターンを直交化するための手法を提供することにある。

【0007】

第三の目的は、第一の目的を実際に実現するために子局におけるマルチビームアンテナが形成する指向性パターンを準直交化するための手法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の無線通信システムは、一つの基地局と複数の子局とからなり、前記基地局と前記子局との間でそれぞれ空間多重無線伝送が行われ、前記基地局は空間多重用のマルチビームアンテナを有し、前記子局は空間多重用のマルチビームアンテナを有し、前記基地局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子と通信対象となるいくつかの前記子局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子との間に生じる電波伝搬特性の伝達関数値に基づいて、前記基地局のマルチビームアンテナが形成する複数の指向性パターンを直交化するものである。

【0009】

また、本発明の無線通信システムは、複数の前記子局のそれぞれから、前記基地局に対して、伝搬特性推定用のパイロット信号が送信され、前記基地局において、それぞれの伝達関数値が算出され、指向性パターンの直交化には、前記伝搬特性の伝達関数値のそれぞれを行列要素としたチャネル行列Hに対して、一般逆行列計算もしくは固有値計算等の行列演算処理を施してマルチビームアンテナのウエイト制御を行うものである。

【0010】

また、本発明の無線通信システムは、いくつかの前記子局において、ゼロ・フォーシング手法もしくは最尤推定手法を用いた干渉波除去が行われ、さらに、前記基地局においていくつかの前記子局に対する干渉量を推定し、いくつかの前記子局の全てに対して、規定レベル以上の干渉を及ぼす指向性パターンの形成は行われないようにするものである。

【発明の効果】

【0011】

1つの子局のみではマルチパスの数が少ない環境条件下でも、基地局からみて、空間的に隔てられた子局ごとに形成されるマルチパスを利用して空間的な多重度を高めることができ、周波数利用効率が改善し、第一の目的が達成できる。

【0012】

また、基地局において、子局において単独には検出できなかった全体のチャネル行列Hが検出可能となるため、空間的に隔てられた子局ごとに形成されるマルチパスに対して、マルチビームアンテナの指向性パターンの直交化を容易に実現することができ、第二の目的が達成できる。

【0013】

また、各子局相互間でそれぞれの受信信号の交換を行わなくともよいため過大な処理回路を追加することなく、マルチビームアンテナの指向性パターンの準直交化を容易に実現することができ、第三の目的が達成できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

(実施の形態1)

図1は、本発明に係る無線通信システムの一実施例を示すシステム構成図である。図1に示すように、本実施の形態にかかる無線通信システムは、子局1、子局2、子局3および基地局4を備えている。

【0015】

図1において、基地局と子局2との間に配置された電波障害物6、基地局と子局3との間に配置された電波障害物7、基地局と子局1との間に形成される伝搬経路8、基地局と

子局 2 との間に形成される伝搬経路 9、基地局と子局 2 との間に形成される伝搬経路 10、基地局と子局 3 との間に形成される伝搬経路 11、基地局と子局 3 との間に形成される伝搬経路 12 を表している。

【0016】

図 2 は、図 1 の無線通信システムの基地局におけるアンテナ指向性パターン形成の様子を示した図である。図 2 において、伝搬経路 8 に対して形成されるメインビーム 21、伝搬経路 9 に対して形成されるメインビーム 22、伝搬経路 10 に対して形成されるメインビーム 23、伝搬経路 11 に対して形成されるメインビーム 24、伝搬経路 12 に対して形成されるメインビーム 25 を表している。

【0017】

基地局と子局にはそれぞれ、複数の指向性パターンを同時形成して空間多重通信を行うことができるマルチビームアンテナが搭載されており、基地局では、図 2 に示すように、子局 1 との間の伝搬経路 8、子局 2 との間の伝搬経路 9 と伝搬経路 10、子局 3 との間の伝搬経路 11 と伝搬経路 12 の 5 つの伝搬経路に対して直交ビームが形成され、空間多重通信が行われる。本実施の形態の場合、基地局と一つの子局との間（ポイントトゥポイント）に限れば、マルチパスはせいぜい 2 つしかなく、2 チャンネル分の空間多重無線通信しか実現できないが、基地局と 3 つの子局との間の 5 つの伝搬経路を利用することによって、ポイントトゥマルチポイントの 5 チャンネル分の空間多重無線通信を実現できるため、単位空間あたりの周波数利用効率を大幅に改善できることがわかる。

【0018】

なお、本実施の形態では、基地局を基準にして複数の子局に対して空間多重通信を行うため、基地局でのヌル・ステアリングの自由度を高くとる、つまり形成できるヌル点の数を多くする必要があり、基地局のアレイアンテナ素子数は、どの一つの子局のアレイアンテナ素子数よりも多くとる方が、利用される伝搬経路の数に対して無駄が少なく良い。

【0019】

次に、基地局における指向性パターンの直交化手法について説明する。

【0020】

図 3 は、図 1 に示す無線通信システムの基地局と 3 つの子局との間に生じる伝搬特性をマルチビームアンテナのアンテナ素子ごとに模式的に示した図である。

【0021】

図 3 において、基地局は 6 素子 (A1、A2、A3、A4、A5、A6) からなるマルチビームアンテナを備え、また、子局 1 は 3 素子 (B1、B2、B3) からなるマルチビームアンテナを、子局 2 は 4 素子 (B4、B5、B6、B7) からなるマルチビームアンテナを、子局 3 は 3 素子 (B8、B9、B10) からなるマルチビームアンテナを各々備えている。ここで、基地局のアンテナ素子 A_i と子局のアンテナ素子 B_j との間の伝達関数値を、 $h_{i,j}$ で表すと、図 3 の場合の伝搬特性行列 H は、(数 1) で表現できる。

【0022】

【数 1】

$$H = \begin{pmatrix} h_{1,1}, h_{1,2}, h_{1,3}, \dots, h_{1,10} \\ h_{2,1}, h_{2,2}, \dots, h_{2,10} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{5,1}, h_{5,2}, \dots, h_{5,10} \\ h_{6,1}, h_{6,2}, \dots, h_{6,10} \end{pmatrix}$$

【0023】

伝達関数値 $h_{i,j}$ の周波数特性に対して、十分に狭帯域な信号が空間多重通信に用いられる場合には、伝達関数値 $h_{i,j}$ は、 $A e^{-j\theta}$ の簡単な形式で表現できる。ただし、 A および θ はそれぞれマルチパス合成後の振幅減衰項と位相遅れ項を表す。

【0024】

直交ビーム形成のためには、伝搬特性行列 H を推定し、行列 H に対する行列操作である対角化を行って、無線信号の空間的分離をし、干渉波を除去する必要がある。行列の対角化には、一般逆行列、もしくは、固有値・固有ベクトルによる手法を利用できる。

【0025】

図4に、一般逆行列を用いる場合の処理フローを示す。図4において、子局1、子局2、子局3に入力される一まとめの送信信号ベクトルを X とし、送信信号ベクトルに対して乗算されるウエイト行列を W_m とし、伝搬特性行列を H とし、また、基地局で受信される受信信号ベクトルを Y とし、受信信号ベクトルに対して乗算されるウエイト行列を W_b とし、推定される送信信号ベクトルを X' とすると、対角化のための演算式は、(数2)、(数3)、(数4) で表される。ここで、(数3) において I は単位行列を、(数4) において記号 $^{-1}$ は一般逆行列を表す。

【0026】

【数2】

$$X' = W_b H W_m X$$

【0027】

【数3】

$$W_m = I$$

【0028】

【数4】

$$W_b = H^{-1}$$

【0029】

また、図5に、固有値・固有ベクトルを用いる場合の処理フローを示す。図5において、基地局に入力される送信信号ベクトルを X とし、送信信号ベクトルに対して乗算されるウエイト行列を W_b とし、伝搬特性行列を H^T とし、また、子局1、子局2、子局3で受信される一まとめの受信信号ベクトルを Y とし、受信信号ベクトルに対して乗算されるウエイト行列を W_m とし、推定される送信信号ベクトルを X' とすると、対角化のための演算式は、(数5)、(数6)、(数7) で表される。ここで、(数5) において記号 T は行列の転置を、(数6) において記号 $*$ は共役転置を表し、行列 P は行列 $(H^T)^* H^T$ の各固有値に対応する固有ベクトルを正規直交化した行列である。

【0030】

【数5】

$$X' = W_m H^T W_b X$$

【0031】

【数6】

$$W_m = P^{-1}(H^T)^*$$

【0032】

【数 7】

$$W_b = P$$

【0033】

次に、基地局および子局のハードウェア構成およびその動作について具体的に説明する。説明の簡単化のために、伝搬特性行列 H の推定は既に完了した状態にあるものとする。

【0034】

図 6 は、基地局のハードウェア構成を示したブロック図である。図 6 に示すように、基地局は、コーデック部 601、変調部 602、マルチビームアンテナ送信制御部 603、復調部 604、マルチビームアンテナ受信制御部 605、周波数変換部 606、送／受切替え制御部 607、 N 素子のマルチビームアンテナ 608、パイロット信号検出部 609、ウエイト演算部 610、移動度識別部 611、干渉量予測部 612 を備えている。

【0035】

また、図 7 は、子局のハードウェア構成を示したブロック図である。図 7 に示すように子局は、コーデック部 701、変調部 702、マルチビームアンテナ送信制御部 703、復調部 704、マルチビームアンテナ受信制御部 705、周波数変換部 706、送／受切替え制御部 707、 L 素子のマルチビームアンテナ 708、ウエイト演算部 709、パイロット信号発生部 710 を表している。

【0036】

以下、 M はシステム全体の空間多重度を、 N は基地局のマルチビームアンテナの素子数を、 L は子局のマルチビームアンテナの素子数を、 K は子局向けの多重度を表しており、図 1 の実施例の基地局と子局 2 の場合には、 $M=5$ 、 $N=6$ 、 $L=4$ 、 $K=2$ となる。

【0037】

基地局のコーデック部 601 では、各子局に対して送信されるデータを載せた M 個のフレームが作られる。各フレームは時間同期して変調部 602 に送られ、フレームごとにマルチキャリア変調が行われる。ここでサブキャリア帯域幅が、伝搬特性に対して十分に狭帯域であると仮定すると、前述の通り、サブキャリアごとには伝達関数値は $A e^{-j\theta}$ の簡単な形式となり、また、サブキャリア信号はそれぞれ直交しているため、周波数ごとに独立した処理が可能となる。そこで、ここからは、説明の簡単化のために、同一周波数の M 個のサブキャリア信号の組に限定して話を進める。

【0038】

同一周波数帯の M 個のサブキャリア変調信号 (X_1, X_2, \dots, X_M) は、 N 個の送信信号ベクトル $X = (X_1, X_2, \dots, X_M, \dots, X_N)$ として拡大されて、マルチビームアンテナ送信制御部 603 に送られる。拡大には、例えば 0 挿入を使うことができる。図 8 に、マルチビームアンテナ送信制御部 602 のハードウェア構成を示す。マルチビームアンテナ送信制御部 602 では、送信信号ベクトル X にウエイト行列 $W_b = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1N}, \dots, w_{N1}, w_{N2}, \dots, w_{NN})$ が行列乗算されて、送信ビームベクトル $S = (S_1, S_2, \dots, S_M, \dots, S_N)$ が生成される。行列の乗算は、ベースバンド周波数帯でのデジタル信号処理となる。ウエイト行列 W_b は、ウエイト演算部 610 により、(数 4) もしくは (数 7) を基本として、干渉量予測部 612 およびパイロット信号検出部 609 および移動度識別部 611 から得られるパラメータを考慮して計算される。送信ビームベクトル S は、周波数変換部 606 で高周波数帯にアップコンバートされ、送／受切替え制御部 607 で送信タイミングの同期がとられた後に、マルチビームアンテナ 608 から空間多重信号として各子局に向けて発射される。

【0039】

次に、子局のマルチビームアンテナでは、基地局から自局向けの伝搬経路を通して到来する空間多重信号が受信される。受信された空間多重信号は、送／受切替え制御部 707 で受信タイミングに同期して取り込まれ、周波数変換部 706 で高周波数帯からベースバ

ンド周波数帯にダウンコンバートされて受信信号ベクトル $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_L)$ となり、マルチビームアンテナ受信制御部 705 に送られる。図 9 に、マルチビームアンテナ受信制御部 705 のハードウェア構成を示す。マルチビームアンテナ受信制御部 705 では、受信信号ベクトル Y にウエイト行列 $W_m = (q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1L}, \dots, q_{L1}, q_{L2}, \dots, q_{LL})$ が行列乗算されて、推定送信ベクトル $X' = (X_1', X_2', \dots, X_L')$ が生成される。ウエイト行列 W_m は、ウエイト演算部 709 により、(数 3) もしくは (数 6) を基本として、コーデック部 701 および復調部 704 から得られるパラメータを考慮して計算される。推定送信ベクトル X' は、干渉除去されたサブキャリア信号を K 個含み、 K 個の要素からなるベクトルに縮小された後に復調部 704 に送られる。復調部 704 では、全サブキャリアを総合したマルチキャリア復調が行われ、最終的に K 個のフレームが受信される。

【0040】

以上、基地局から子局に対する動作を説明したが、子局から基地局に関する動作も同様であるので、説明は省略する。

【0041】

次に、伝搬特性行列 H の推定方法について説明する。

【0042】

図 10 に示すように、子局のアンテナ素子 B_j ($j = 1, 2, \dots, 10$) の一つずつから、基地局のアンテナ素子 A_1, A_2, \dots, A_6 に対して、伝達関数値 ($h_{1j}, h_{2j}, h_{3j}, h_{4j}, h_{5j}, h_{6j}$) を推定するためのパイロット信号を順次送信していくことにより、伝搬特性行列 H を、基地局のパイロット信号検出部 609 で一括して求めることができる。パイロット信号は、無変調信号、もしくは、PN 符号のような擬似ランダム信号等で、伝送路特性の変動速度に応じて、各子局のパイロット信号発生部 710 からコーデック部 701 を通して発生される。

【0043】

図 11 は基地局のパイロット信号要求からシステム全体の空間多重通信に至るまでのシーケンスチャートの一例を示している。T1 の期間では、基地局から子局 1 へのパイロット信号要求に対して、子局 1 のアンテナ素子 ($B_1 \sim B_3$) から順にパイロット信号が送信される。T2 の期間では、基地局から子局 2 へのパイロット信号要求に対して、子局 2 のアンテナ素子 ($B_4 \sim B_7$) から順にパイロット信号が送信され、T3 の期間では、基地局から子局 3 へのパイロット信号要求に対して、子局 3 のアンテナ素子 ($B_8 \sim B_{10}$) から順にパイロット信号が送信される。さらに、T4 の期間では、基地局において、伝搬特性行列 H の推定がなされるとともに、直交ビーム形成のためのビームフォーミングが行われ、T5 の期間では、基地局から各子局に対して、推定された伝搬特性行列 H が通知される。T6 の期間では、各子局において、直交ビーム形成のためのビームフォーミングが行われ、T7 の期間で、空間多重通信が実行される。

【0044】

本発明では、基地局を基準にしてポイントトゥマルチポイントの空間多重通信を行うため、基地局から子局に対してではなく、子局から基地局に対してパイロット信号を送信することで、 H の推定を容易にすることができる。なお、基地局のアンテナ素子数 N に対して、空間多重通信に利用するマルチパス伝搬経路の総数 M が、 $M > N$ の場合には、マルチパスの分離度が低下し、ヌル・ステアリングの精度が低下するおそれがある。そのため、図 12 に示すように、基地局で受信するパイロット信号の数を制限し、 $M < N$ の条件を満たす行列 H を用いてビーム形成を行うことにより、ヌル・ステアリングの精度低下を防止することができる。具体的には、(数 8) に示すように行列 H の伝達関数値の一部に 0 を挿入して、行列のランク (M) を下げることでパイロット信号の数を制限する。なお、パイロット信号の選別は、各子局に割り振られたチャネル優先順位等に基づいて決定すればよい。

【0045】

【数 8】

$$H = \begin{pmatrix} h1_1, h1_2, h1_3, \dots, h1_10 \\ h2_1, h2_2, \dots, h2_10 \\ h3_1, h3_2, \dots, h3_10 \\ 0, 0, \dots, 0 \\ 0, 0, \dots, 0 \\ 0, 0, \dots, 0 \end{pmatrix}$$

【0046】

次に、子局における指向性パターンの準直交化の手法について説明する。

【0047】

子局では、子局同士がそれぞれ空間的に離れており、それぞれのマルチビームアンテナを共有することが困難な構成となっている。そのため、図5のように基地局から各子局に向けた空間多重通信の場合には、子局ごとには受信信号ベクトルYの一部しか検出できず、厳密な意味での指向性パターンの直交性が成り立たなくなる。そこで、ゼロ・フォーシング手法もしくは最尤推定手法を適用して、指向性パターンの準直交化を行う。準直交とは、数学的に、厳密な意味での直交性は保たれないという意味であるが、形成できるヌル点の数の範囲内で、パス利得の高い伝搬経路に限定して直交性を維持することを意味する。準直交化が有効となり得る理由としては、各子局では基地局に向けて形成される伝搬経路が少なく済む（つまり、 $K < M$ となる）こと、また、自局向けの伝搬経路間に十分な見開き角（ θ ）があれば、低素子のアンテナでも伝搬経路相互間の干渉を少なくできること等があげられる。

【0048】

準直交化の手法について、図1の場合の基地局と子局2との間の空間多重通信を例にとって具体的に説明する。基地局では、既に、一般逆行列、もしくは、固有値・固有ベクトルによる手法で Wb が求められ、指向性パターンの直交化が既に完了した状態にあるものとする。図13に、子局2において、ゼロ・フォーシング手法もしくは最尤推定手法を用いる場合の処理フローを示す。図13において、基地局に入力される送信信号ベクトルを X とし、送信信号ベクトルに対して乗算されるウエイト行列を Wb とし、基地局と子局2との間の伝搬特性行列を H_2^T とし、また、子局2で受信される受信信号ベクトルを Y とし、受信信号ベクトルに対して乗算されるウエイト行列を W_{2m} 、もしくは、受信信号ベクトルに対する誤差ノルムの計算を δ とし、推定される送信信号ベクトルを X' とする。ここで、伝搬特性行列 H_2 は、（数9）で表されるが、これは、（数1）の部分行列であるため、基地局からの通知により情報を得ることができる。

【0049】

【数 9】

$$H_2 = \begin{pmatrix} h1_4, h1_5, h1_6, h1_7 \\ h2_4, h2_5, h2_6, h2_7 \\ h3_4, h3_5, h3_6, h3_7 \\ h4_4, h4_5, h4_6, h4_7 \\ h5_4, h5_5, h5_6, h5_7 \\ h6_4, h6_5, h6_6, h6_7 \end{pmatrix}$$

【0050】

ここで、ゼロ・フォーシング手法の場合に、子局2での部分行列 H_2 を対角化するための演算式は（数10）で表され、（数11）で表されるウエイト行列 W_{2m} を用いて、送

信信号ベクトル X' を推定できる。

【0051】

【数10】

$$X' = W_{2m} H_2^T W_b X$$

【0052】

【数11】

$$W_{2m} = (H_2^T W_b)^{-1}$$

【0053】

また、最尤推定手法の場合は、(数12)の誤差ノルム δ を最小とする X' を、 X の全ての取りうる場合について総当りで計算することで推定できる。(数12)において、記号 $\|\cdot\|$ はノルムを表す。

【0054】

【数12】

$$\delta = \|Y - H_2^T W_b X'\|$$

【0055】

以上の様な手法を、子局1、子局3に対して同様に適用することにより、各子局の指向性パターンの準直交化が可能となる。

【0056】

次に、基地局における指向性パターンの直交化が不完全な場合の空間多重化手法について説明する。

【0057】

この状況は、図14に示すように、基地局から見た隣り合う伝搬経路の見開き角 (θ) が小さい場合に考えられる。例えば、図17(b)の6素子アレイアンテナを例にすると、メインビームの中心点とそれを挟むヌル点がなす角度は約15度程度である。これは、 $\theta < 15$ 度の条件を満たす2つの伝搬経路に対しては、アンテナの素子数を増やさない限り、相互に干渉を与え合うことを意味し、この場合には、子局では、(数10)、(数11)もしくは(数12)の準直交化手法を適用したとしても、干渉による伝送誤りが発生する可能性をもつ。

【0058】

そこで、基地局において、伝搬特性行列 H が既知であることを利用して、基地局の直交ビームが特定の子局での受信信号ベクトル Y に及ぼす干渉量を干渉量予測部 612 で推定し、もし規定レベル以上の干渉を及ぼす指向性パターンが検出された場合には、その指向性パターンを空間多重化から除外する手法をとる。伝送特性の変動が十分に緩やかであれば、干渉量は(数13)を用いて推定できる。

【0059】

【数13】

$$Y = H W_m X$$

【0060】

一例として、図15に、この手法の適用例を示す。基地局では、子局2での干渉量を推定した結果、メインビーム 24 からメインビーム 23 への干渉が規定値を超えると判断し、メインビーム 24 を空間多重化から除外している。この手法により、空間多重度は多少犠牲になるものの、伝搬経路相互の干渉を効果的に低減でき、伝送誤りを防止することが

できる。

【0061】

次に、この手法を複数の子局に対して適用すると、マルチパス伝搬経路の総数Mが多くなり、干渉する伝搬経路の組み合わせも多くなる。この場合には、全体として最大の空間多重度を得るために、処理は複雑になるが、指向性パターンごとに各子局に対する干渉量の総和を計算し、干渉が規定値以下になるまで、総和の大きな指向性パターンから順に除外していけばよい。その他、簡単な処理で干渉を防止するためには、全ての θ が十分な値を取るように伝搬経路を選別するのも有効である。なお、除外される指向性パターンは、伝送路特性に依存してランダムに選別されるので、QOS (Quality Of Service) が要求される用途には、各子局の優先順位に基づいて、指向性パターンの選別を行うこともできる。

【0062】

次に、各子局に対する優先順位の割り当て方法について説明する。

【0063】

空間多重通信時には、一般的には、基地局は静止状態を仮定できるが、子局は静止状態および移動状態のどちらの場合も考えられる。移動状態の子局が存在する場合、基地局は、その子局の移動速度に追従して、伝搬特性行列Hの推定を行う必要がある。また、変化する見開き角(θ)の値によっては、全体のヌル・ステアリングができない可能性も生じる。そこで、単位時間内に空間的に移動する程度(以下、移動度)をパラメータとして、優先順位を割り当てることによって、効果的に基地局での直交ビームの形成を行う。例えば、図16のように、子局1が移動状態にあり、子局2と子局3がそれぞれ静止状態にあるとすると、基地局は、伝搬特性行列Hの各要素である伝達関数値の時間変化情報から、子局の移動状態を検出し、子局1には高い移動度を、また、子局2と子局3には低い移動度を割り当てる。優先順位の設定は、アプリケーションごとに異なるが、例えば、リアルタイム性の高い、数秒以内の伝送遅延時間しか許容されない高速なデータを伝送する場合においては、移動度の低い子局の優先順位をより高く設定する。これにより、直交ビームの動的な外乱要因が減り、固定割合の高い指向性パターンが優先されるので、システム全体の空間多重度を安定的に確保でき、リアルタイム通信の瞬断などを防止することができる。図16の場合、干渉が発生した際には、子局1に対するメインビーム21が空間多重化から除外される。

【0064】

また、子局ごとに、移動度識別子を付与しておくことによって、基地局における、移動状態の検出処理を簡略化することができる。移動度識別子は、想定される使用形態に合わせてあらかじめ固定的に割り振られたもので、各子局のコーデック部701に格納されている。子局より移動度識別子が送出された際には、基地局の移動度識別部611において検出され、優先順位に反映される。

【産業上の利用可能性】

【0065】

ポイントトゥマルチポイントのネットワークトポロジーをもつ無線LANや無線AVストリーミング等に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0066】

- 【図1】無線通信システムの一実施例を示すシステム構成図
- 【図2】基地局におけるアンテナ指向性パターン形成の様子を示した図
- 【図3】基地局と子局との間に生じるアンテナ素子ごとの伝搬特性を模式的に示す図
- 【図4】基地局指向性パターンの直交化処理フロー図(一般逆行列を用いる場合)
- 【図5】基地局指向性パターンの直交化処理フロー図(固有値を用いる場合)
- 【図6】基地局のハードウェア構成を表すブロック図
- 【図7】子局のハードウェア構成を表すブロック図
- 【図8】基地局のマルチビームアンテナ送信制御部の構成図

【図 9】子局のマルチビームアンテナ受信制御部の構成図

【図 10】パイロット信号送信時のアンテナ素子の対応を示した図

【図 11】伝搬特性行列の推定から空間多重通信に至るまでのシーケンスチャート

【図 12】制限されたパイロット信号送信時のアンテナ素子の対応を示した図

【図 13】子局指向性パターンの準直交化処理フロー図

【図 14】基地局からみた見開き角 (θ) を表す図

【図 15】規定レベル以上の干渉を及ぼす指向性パターンが除外される様子を示す図

【図 16】移動度の高い子局に対する指向性パターンが除外される様子を示す図

【図 17】(a) 2 素子アレイアンテナの場合でのヌル・ステアリングの様子を示す

図 (b) 6 素子アレイアンテナの場合でのヌル・ステアリングの様子を示す図

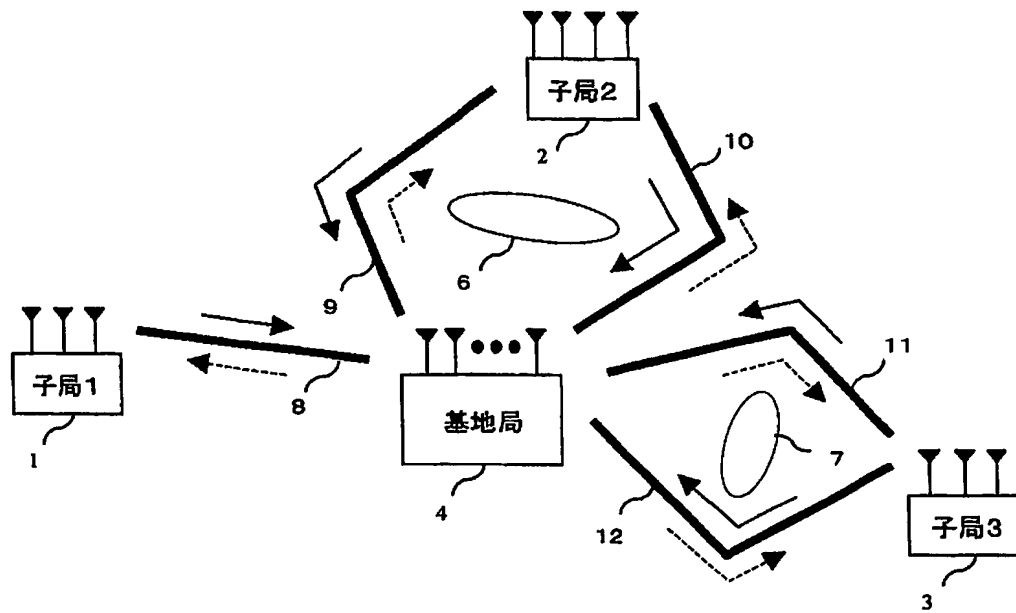
【符号の説明】

【0067】

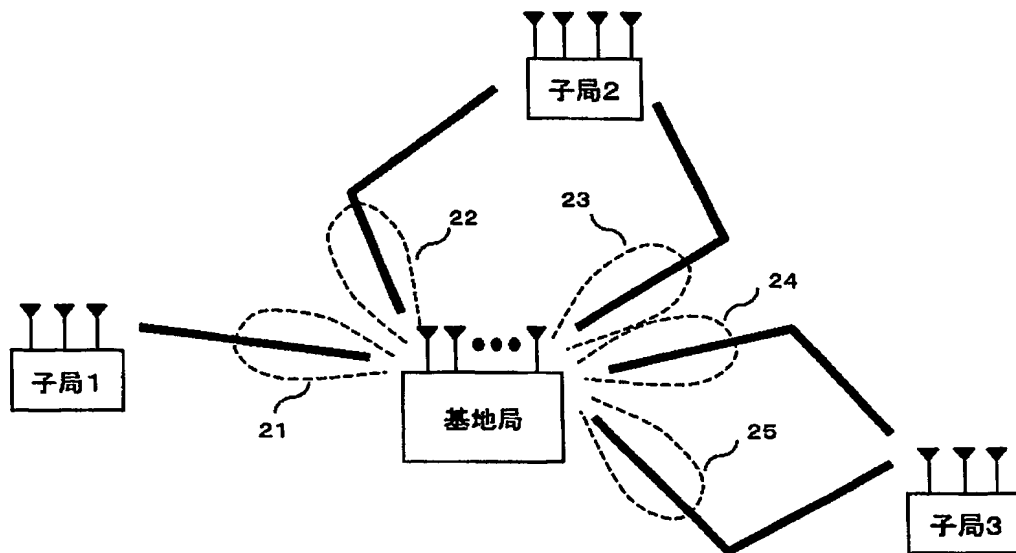
- 1 子局 1
- 2 子局 2
- 3 子局 3
- 4 基地局
- 6 基地局と子局 2 との間に配置された電波障害物
- 7 基地局と子局 3 との間に配置された電波障害物
- 8 基地局と子局 1 との間に形成される伝搬経路
- 9 基地局と子局 2 との間に形成される伝搬経路
- 10 基地局と子局 2 との間に形成される伝搬経路
- 11 基地局と子局 3 との間に形成される伝搬経路
- 12 基地局と子局 3 との間に形成される伝搬経路

【書類名】 図面

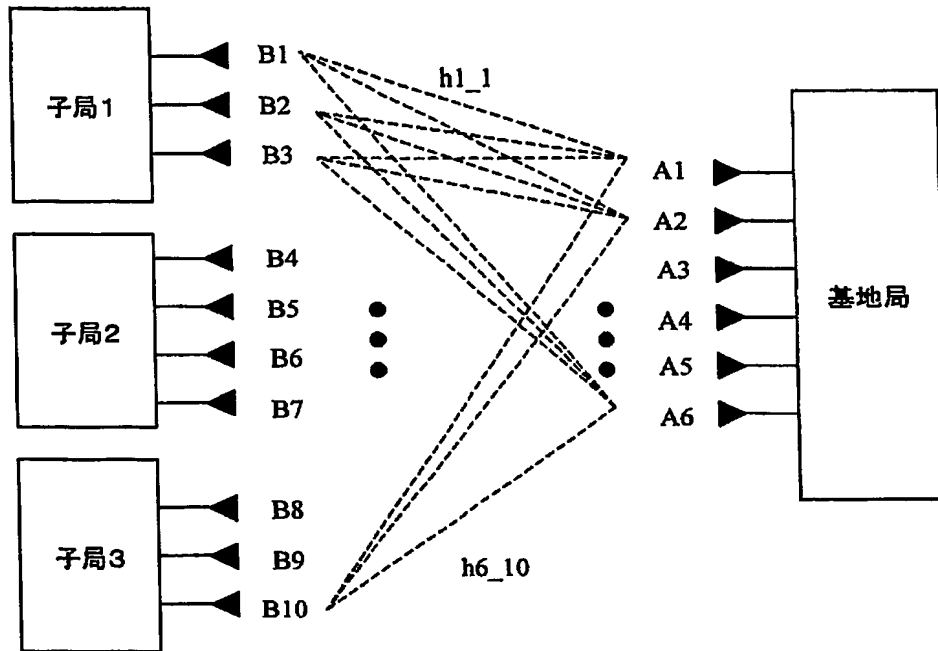
【図 1】



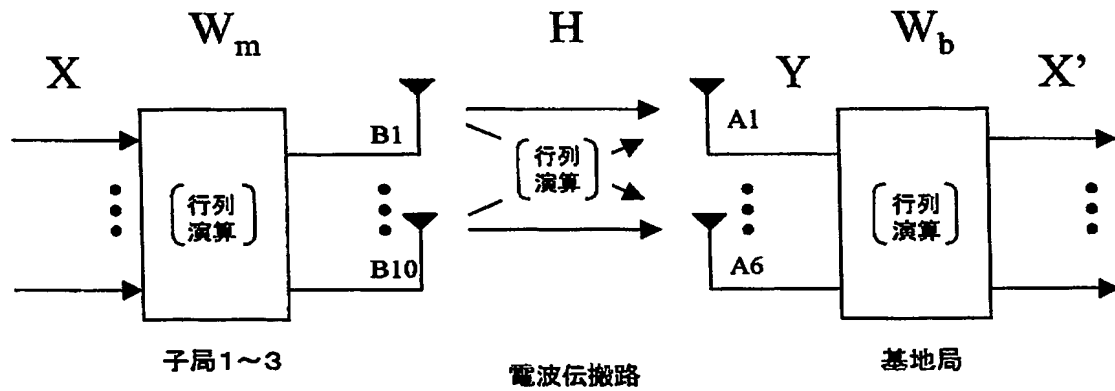
【図 2】



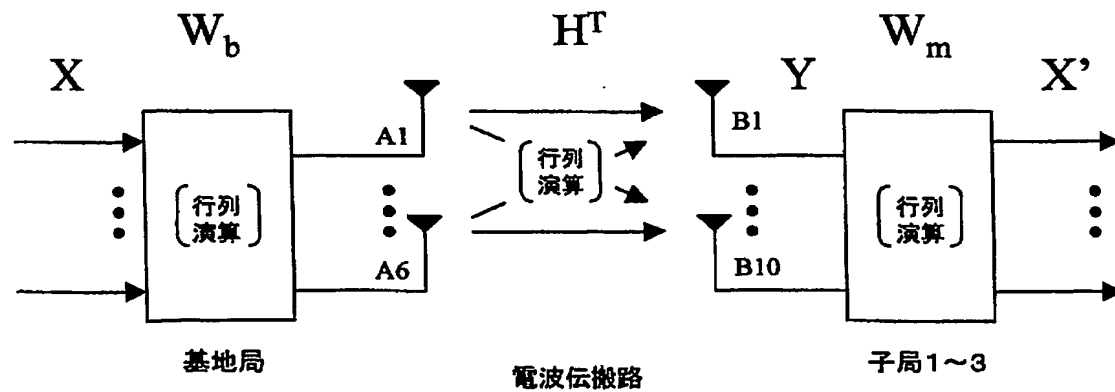
【図 3】



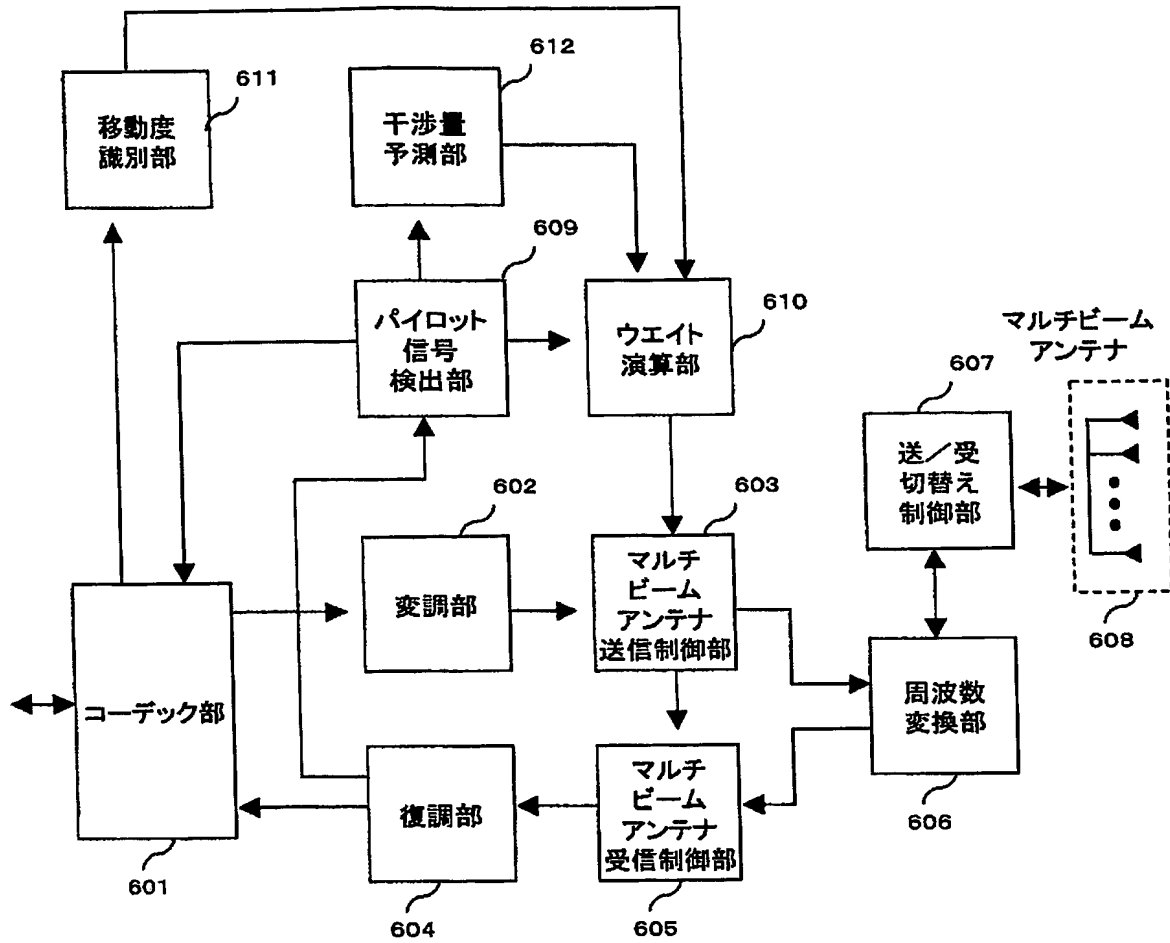
【図 4】



【図 5】

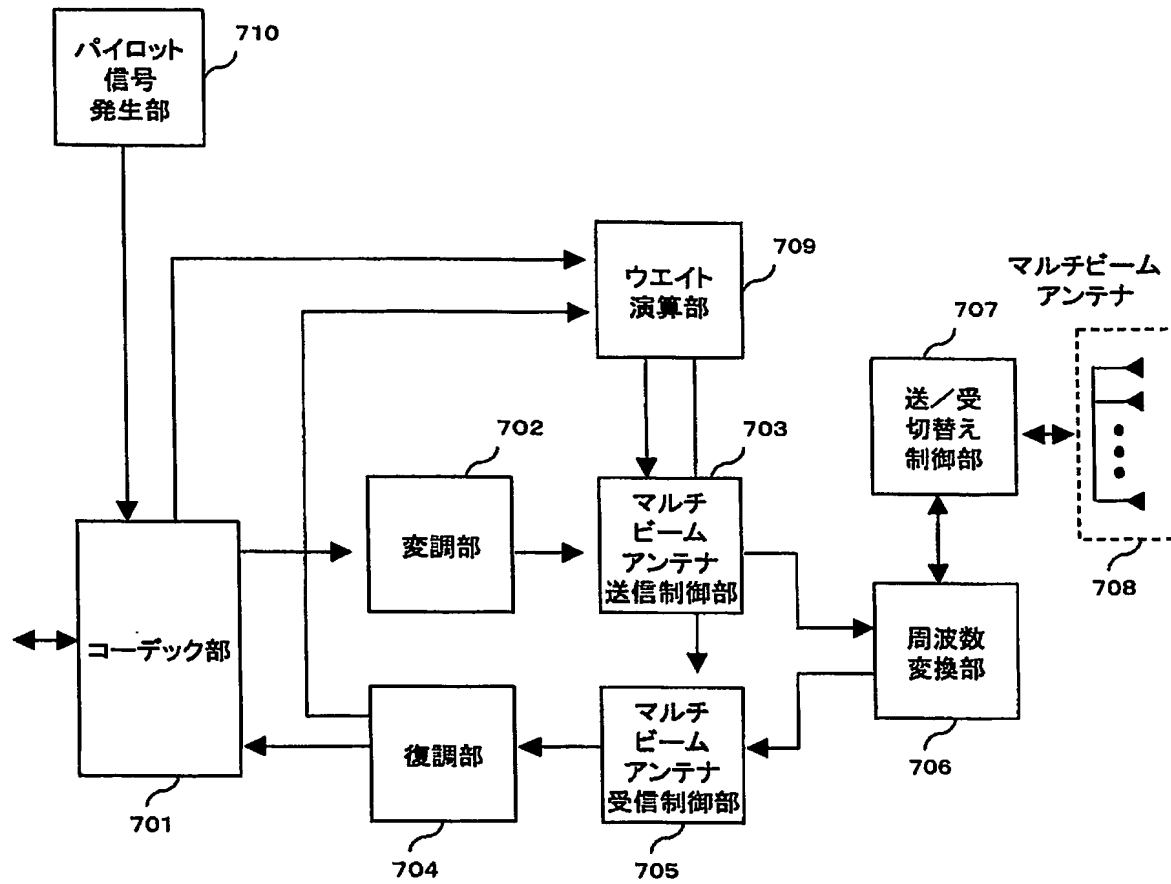


【図 6】



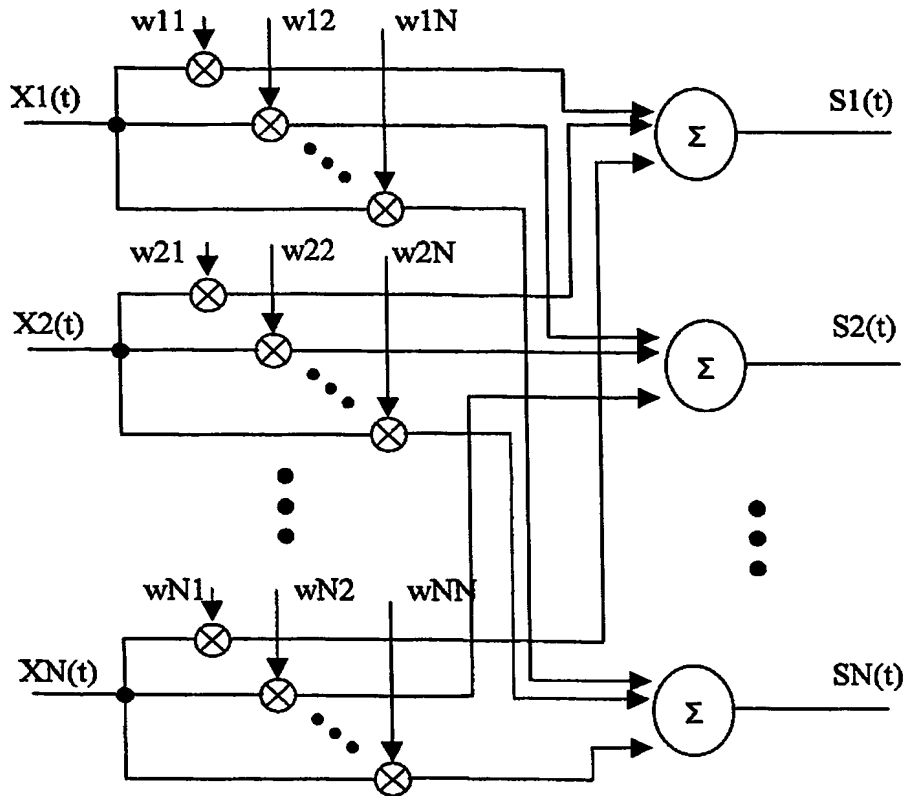
基地局

【図 7】

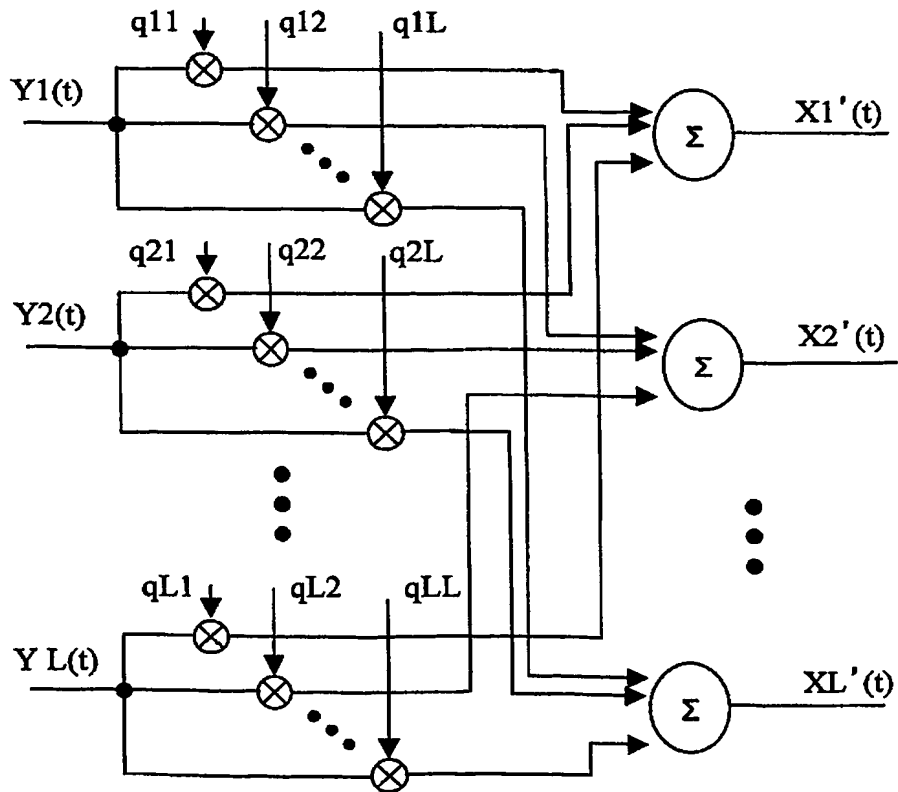


子局

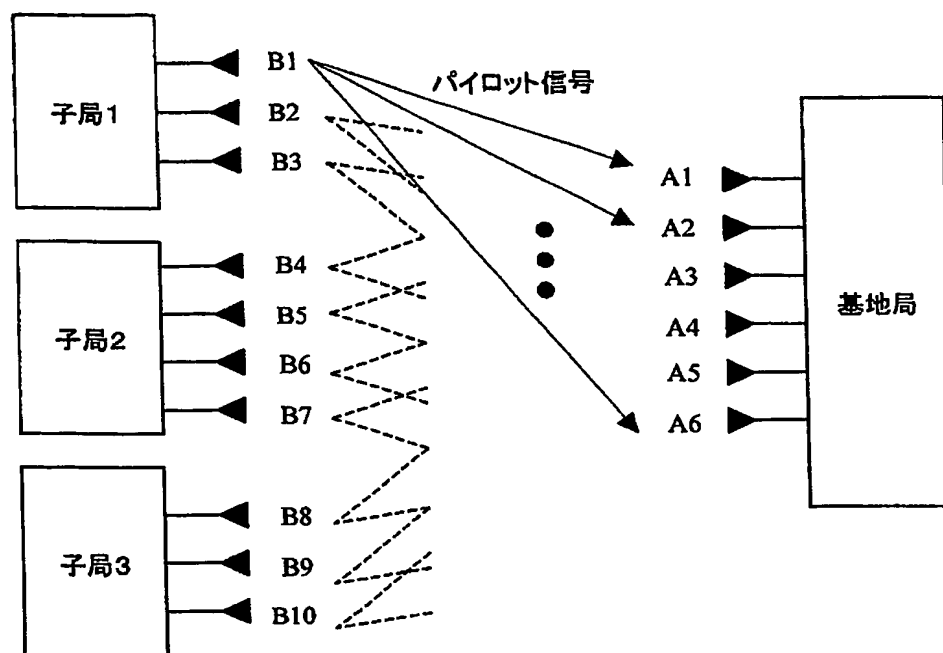
【図 8】



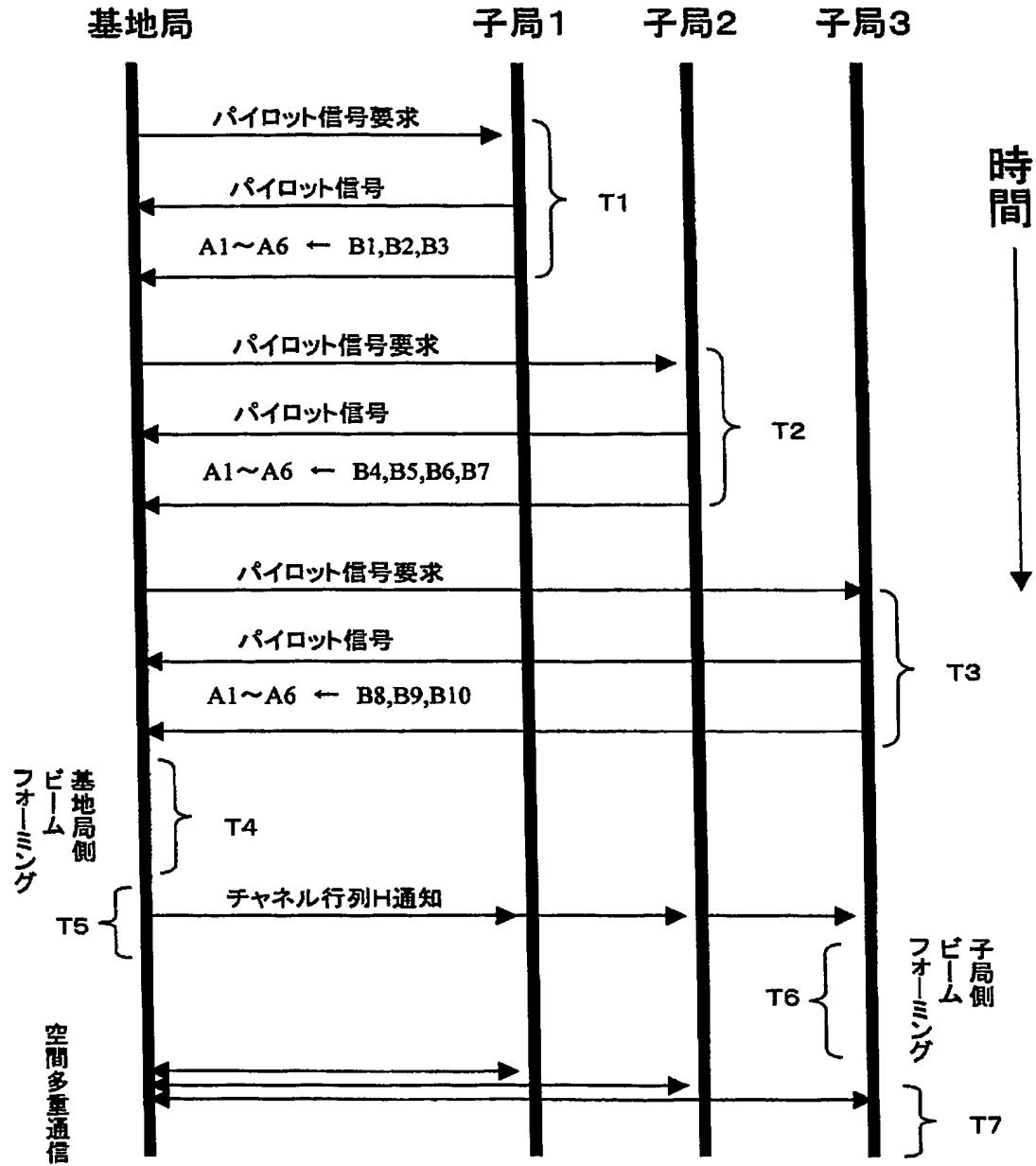
【図 9】



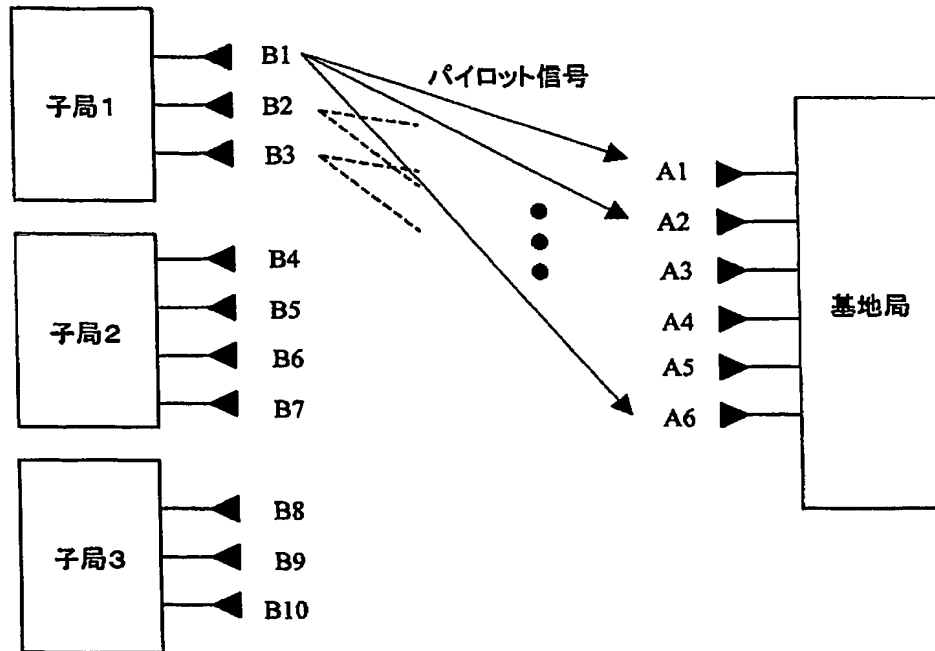
【図 10】



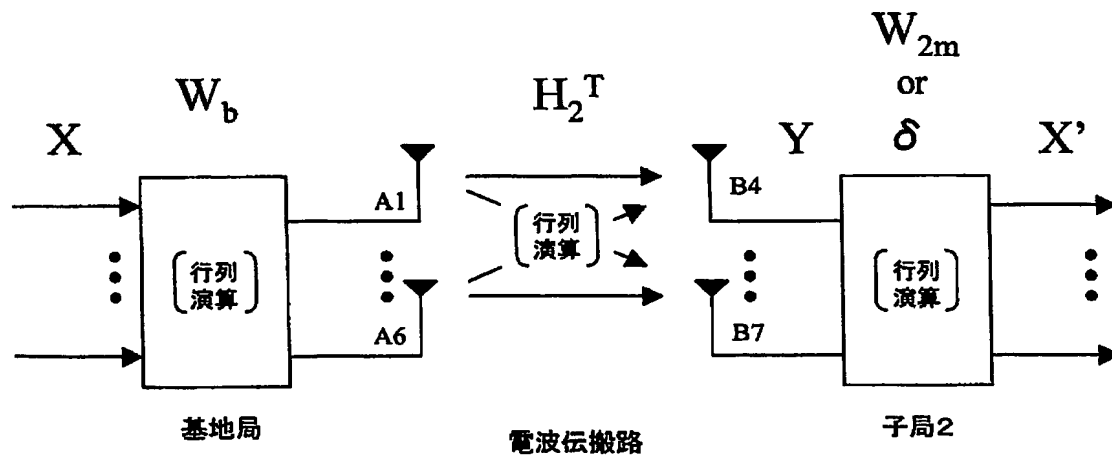
【図 11】



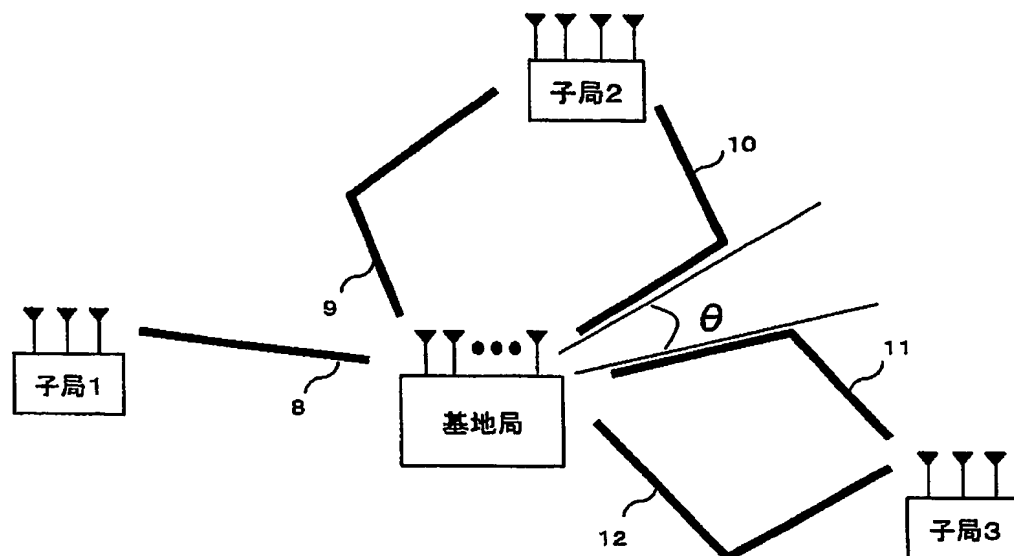
【図 12】



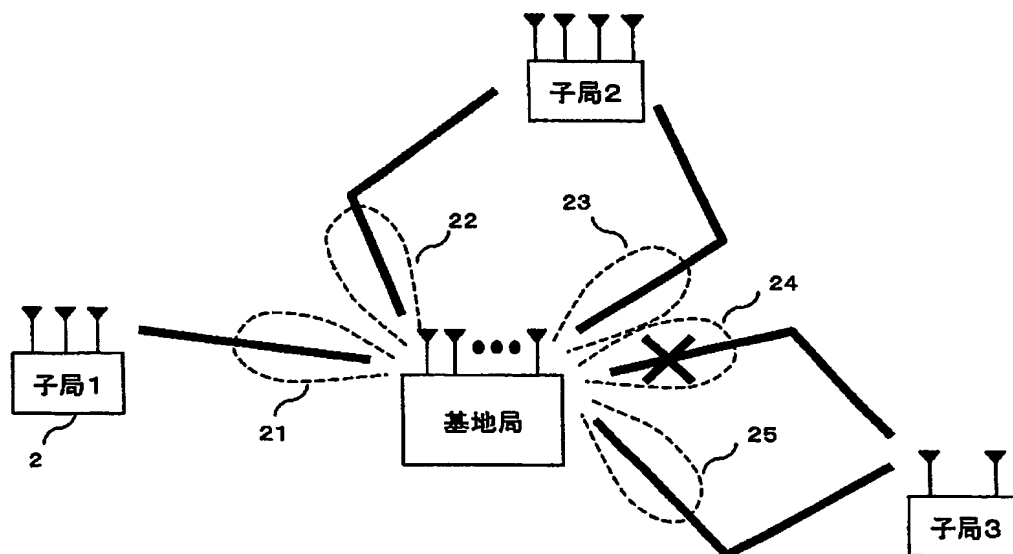
【図 13】



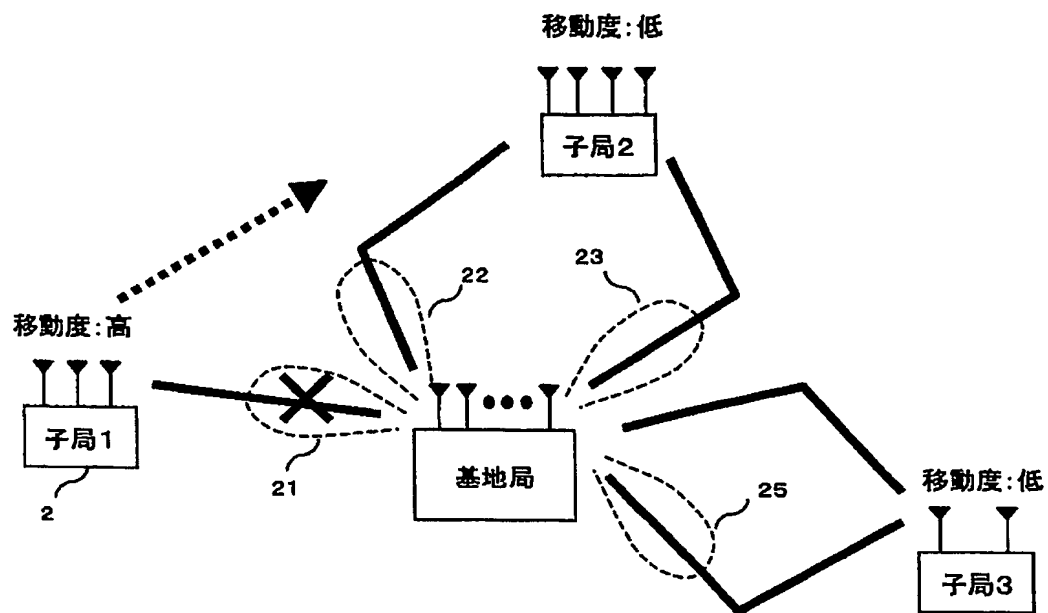
【図 14】



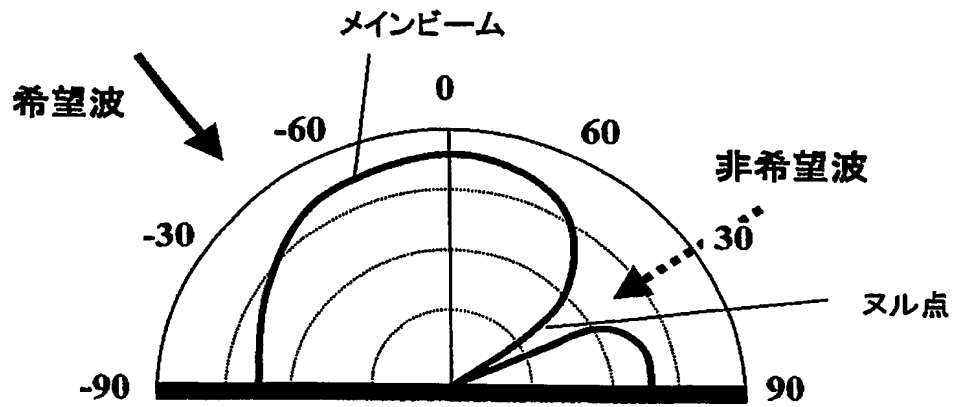
【図 15】



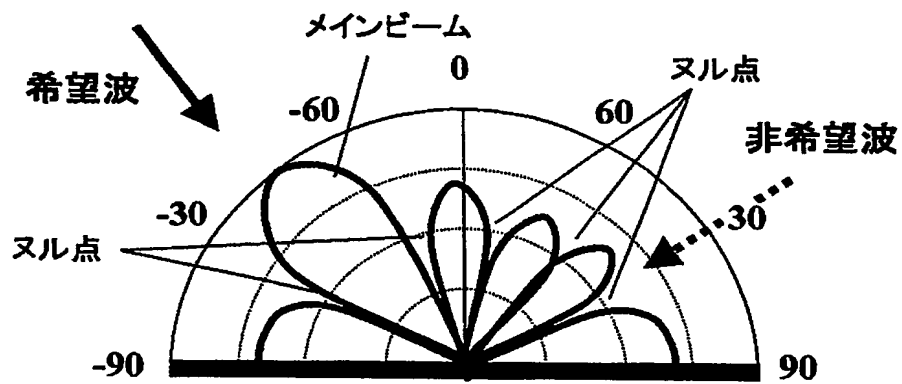
【図 16】



【図 17】



(a) 2素子アレイアンテナ



(b) 6素子アレイアンテナ

【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 基地局と複数の子局との間でポイントトゥマルチポイントの空間多重無線通信を行うことによって、マルチパスの数が少ない環境条件下でも、周波数利用効率の高い無線通信システムを提供する。

【解決手段】 一つの基地局と複数の子局とからなり、前記基地局と前記子局との間でそれぞれ空間多重無線伝送が行われ、前記基地局は空間多重用のマルチビームアンテナを有し、前記子局は空間多重用のマルチビームアンテナを有し、前記基地局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子と通信対象となるいくつかの前記子局のマルチビームアンテナの各アンテナ素子との間に生じる電波伝搬特性の伝達関数値に基づいて、前記基地局のマルチビームアンテナが形成する複数の指向性パターンを直交化する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 8 4 8 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

| | |
|----------|-----------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 |
| 氏 名 | 松下電器産業株式会社 |

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017130

International filing date: 11 November 2004 (11.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-384894
Filing date: 14 November 2003 (14.11.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.